

刘岩¹ 李征² 程向阳¹ 邱阳阳¹

LD-Ⅱ 和 ADTD 型闪电定位资料的对比分析

摘要

为了更全面地了解 LD-Ⅱ 和 ADTD 型闪电定位资料的准确性,利用安徽省 2010 年 3—9 月两套闪电定位系统监测到的资料,对比分析安徽省雷电活动规律,结果表明:两套资料在地闪总数、地闪时间变化、地闪空间分布、雷电流极性和强度等方面都存在较大的差异,LD-Ⅱ 型闪电定位系统积累的资料时间较长,但 ADTD 型闪电定位系统在地闪空间分布、雷电流极性和强度的探测方面准确度更高。与雷灾资料对比发现,ADTD 型闪电定位仪监测到的闪电记录距离受灾点较近、误差较小。

关键词

安徽;闪电定位系统;云地闪;监测分析

中图分类号 P413

文献标志码 A

0 引言

闪电定位仪可以监测到地闪发生的时间、地理位置、地闪强度幅值、极性、陡度、误差等参数,闪电定位资料已大量地应用于雷电监测分析和防护业务中。鉴于其重要性和实用性,各地相继布设了闪电实时监测网,其中布设 ADTD 型闪电定位仪的省市较多,该系统具有全国统一的数据处理中心;同时,也有部分省市在此基础上加密布设了其他型号的闪电定位仪,如 SAFIR 型、LD-Ⅱ 型以及电力系统的闪电定位系统。这些闪电定位仪采用的定位原理各有优缺点^[1],定位技术也参差不齐,所以,选取更为精确的闪电定位仪型号,获得更准确的闪电定位资料,是目前亟待解决的问题。安徽省共布设了两套闪电定位系统,分别是 LD-Ⅱ 型和 ADTD 型。随着安徽省雷电防护、雷电灾害风险评估、雷灾调查等业务的不拓展,准确的雷电监测资料将为业务工作提供科学指导。因此,本文将利用两种类型闪电定位仪共同监测时间段内的资料,对安徽省雷电活动的特征进行对比分析,以期了解两种类型定位仪的准确度,为后期闪电定位设备的选型提供参考。

1 资料说明

LD-Ⅱ 型闪电定位系统,安徽省共布设 10 个探测基站,分别位于六安、阜阳、亳州、淮北、蚌埠、滁州、安庆、铜陵、黄山和宣城,累积资料时间段为 2005 年 8 月 24 日到 2010 年 9 月 20 日。ADTD 型闪电定位系统,安徽省共布设 7 个探测基站,分别位于安庆、蚌埠、阜阳、合肥、黄山、六安和宣城,累积资料时间段为 2010 年 3 月 30 日至今。两种闪电定位系统均用于监测安徽省范围内的云地闪活动,本文选取 2010 年 3 月 20 日—9 月 20 日时间段内的两种闪电定位资料。

2 雷电活动规律对比分析

2.1 地闪概况

对 2010 年 3—9 月安徽省经纬度范围内(114.879~119.644°E, 29.395~34.654°N)两种闪电定位资料进行统计,ADTD 型闪电定位系统监测到的地闪频次比 LD-Ⅱ 型监测到的地闪频次多,正地闪占总地闪的比例大,而正、负地闪强度的均值较小,具体如表 1 所示。

研究表明,由于负地闪发生的机会明显高于正地闪,使得云中负电荷所造成的电场强度还没有达到很高,云地闪就发生了,因此,正

收稿日期 2014-02-17

资助项目 安徽省气象局新技术集成重点项目(AHXJ201401)

作者简介

刘岩,女,硕士,工程师,主要从事雷电防护工作.lyyysz@126.com

1 安徽省防雷中心,安徽,230061

2 江苏省防雷中心,江苏,210008

表 1 两种监测资料得到的地闪特征

Table 1 General characteristics of lightning activities recorded by LD-II and ADTD

闪电定位系统型号	总地闪频数/次	正地闪占总地闪的比例/%	昼夜总地闪频数之比	正地闪平均强度/kA	负地闪平均强度/kA
LD-II	592 145	2.6	2.39/1	81.76	95.03
ADTD	729 591	3.7	2.65/1	53.07	37.83

注:昼的时间范围是 08:00—20:00,夜的时间范围是 20:00—次日 08:00.

地闪的平均强度一般高于负电闪^[2].

2.2 地闪活动的时间变化特征对比分析

逐月分别对两种定位资料的总地闪和正地闪频数进行统计,得到地闪频数的月变化特征如图 1 所示.地闪频数均在 7、8、9 月最多,3 月和 5 月较少,LD-II 型闪电定位资料表明总地闪和正地闪频数在 7 月达到峰值,而 ADTD 型闪电定位资料表明总地闪和正地闪频数于 8 月达到峰值.统计发现,ADTD 型闪电定位仪观测到的地闪的天数与雷暴日观测结果更为接近.

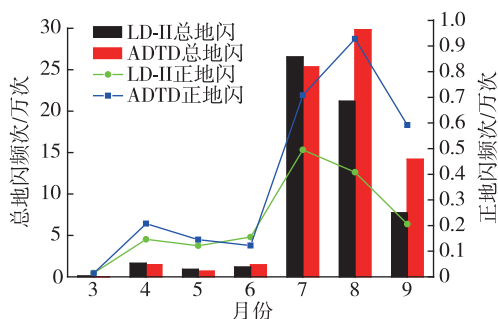


图 1 地闪频数月变化特征

Fig. 1 Monthly variation of lightning frequency

分别统计两种定位资料 00:00—24:00 中每小时内的正、负地闪数,绘制逐时地闪频次的日变化曲线,发现负地闪与总地闪的日变化趋势较为一致,因此图 2 中仅画出总地闪和正地闪的日变化曲线.从图 2 可以看出,地闪的发生具有明显的日变化规律,LD-II 型闪电定位资料得到的地闪频数整体呈主单峰形式,正地闪较总地闪在时间上有落后现象,12:00—21:00 为地闪频数的高值区,总地闪在 15:00 达到极大值,而正地闪则在傍晚 17:00 达到极大值.早晨 04:00—11:00 地闪发生较少,为一低值区. ADTD 型闪电定位资料得到安徽省总地闪和正地闪的日变化趋势在时间上较为一致,12:00—21:00 为一高值区,16:00 地闪频数达到峰值.综合以上分析,安徽省总地闪频数达到峰值的时间约在 15:00—16:00 之间,正地闪频数达到峰值的时间约在 16:00—17:00 之间.

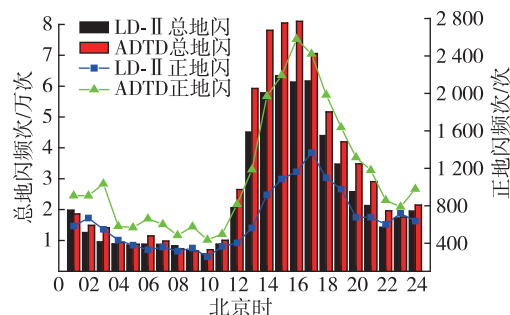


图 2 地闪频数日变化特征

Fig. 2 Daily variation of lightning frequency

逐月分别对两种定位资料的正、负地闪强度进行统计,得到地闪强度的月变化特征如图 3 所示. LD-II 型闪电定位资料得到安徽省正地闪和负地闪强度的月变化规律较为一致,随着月份的增加,地闪强度的值有增加的趋势,9 月达到最大;ADTD 型闪电定位资料得到安徽省正、负地闪强度的值随月份变化并不明显,正地闪强度在 5 月达到最大,负地闪强度在 3 月达到峰值.

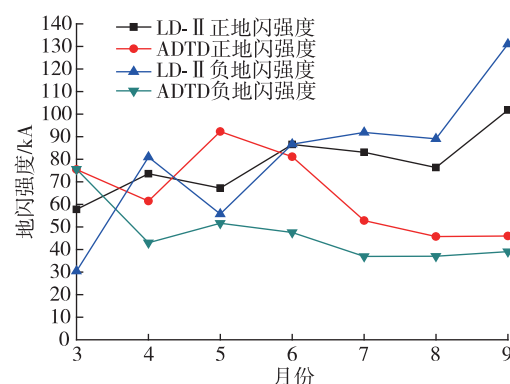


图 3 地闪强度月变化特征

Fig. 3 Monthly variation of lightning intensity

逐时统计两种定位资料在 00:00—24:00 中的正、负地闪强度值,绘制地闪强度的逐时变化曲线,如图 4 所示. LD-II 型闪电定位资料得到的正、负地闪强度值明显大于 ADTD 型闪电定位资料得到的地

闪强度值,但地闪强度的日变化规律较为一致,即安徽省地闪强度的值在一天中的变化幅度不大。

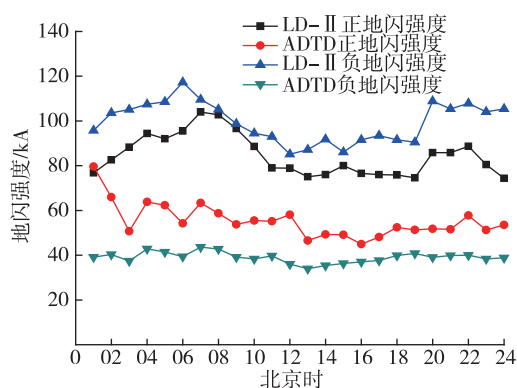


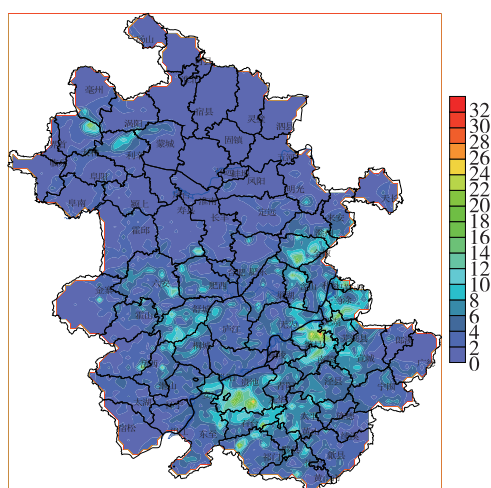
图4 地闪强度日变化特征

Fig. 4 Daily variation of lightning intensity

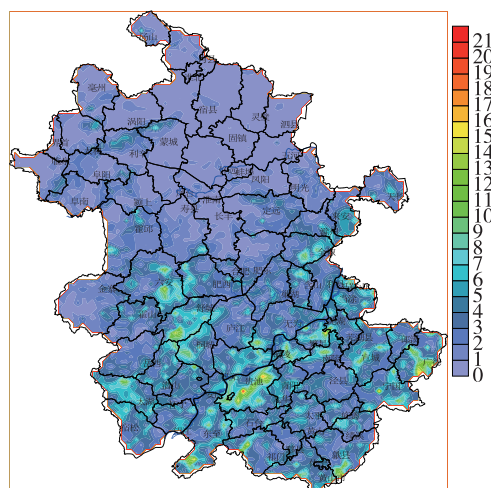
2.3 地闪活动的空间变化特征对比分析

将两种型号闪电定位仪探测到的区域按经纬度划分为 $0.01^\circ \times 0.01^\circ$ 网格,统计每一网格内的总地闪次数,得到安徽省地闪密度分布如图5所示。

从图5可以看出,LD-II型闪电定位资料得到的安徽省地闪密度主要集中在长江沿岸的马鞍山、芜湖、安庆及池州,而ADTD型闪电定位资料得到的地闪密度除了集中在长江沿岸外,黄山、宣城、铜陵、六安地区的地闪密度值也较大,这更接近于程向阳等^[3]对安徽省雷暴日资料的统计结果。同时,对LD-II型闪电监测资料分析发现,阜阳北部的地闪密度值也较大,这与安徽省地方标准^[4]提供的雷暴活动规律存在偏差。



a. LD-II型号



b. ADTD型号

图5 地闪密度的空间分布特征(单位:次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$))

Fig. 5 Spatial distribution of lightning density recorded by LD-II and ADTD

2.4 地闪强度的分布特征对比分析

图6为不同地闪强度时的地闪频次变化曲线,可以看出两种监测资料得到的地闪强度分布差异较大,LD-II型监测资料得到的地闪强度的波形比ADTD型监测资料得到的波形变化缓慢。ADTD型监测资料得到的地闪强度的值主要集中在 $0 \sim 50 \text{ kA}$,约占总地闪的82.28%,小于 -200 kA 的地闪频次约占总地闪的0.87%。而LD-II型监测资料得到的地闪强度值在 $0 \sim -200 \text{ kA}$ 之间分布较为均匀,小于 -100 kA 的地闪频次约占总地闪的43.55%,小于 -200 kA 的地闪频次约占总地闪的6.2%。

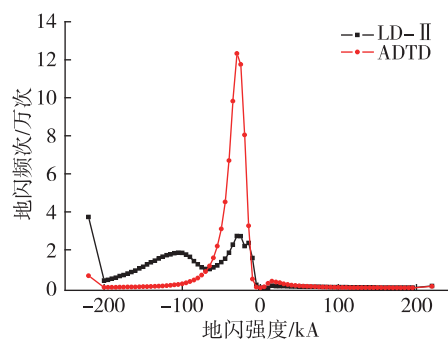


图6 地闪强度的分布特征

Fig. 6 Frequency distribution of lightning intensity

对比安徽周边的省份,雷电流强度的值主要集中在 $\pm 100 \text{ kA}$ 以下^[5-11],因此,ADTD型闪电监测资料得到的安徽省地闪强度值与周边雷电环境较为一致。此外,研究表明, 5 kA 以下的地闪资料对整个资料的拟合存在较大的干扰,可将其剔除^[12],LD-II型

监测资料得到安徽地区 $[-5,+5]$ kA 的地闪频次占总地闪的 0.26%,ADTD 型监测资料得到 $[-5,+5]$ kA 的地闪频次约占 0.12%,从另一方面说明 ADTD 型闪电监测资料的准确性更高.

3 雷灾时两种监测资料的对比分析

随着闪电定位技术的发展,闪电定位资料已成为雷灾调查与分析的重要依据.据统计,湖北省闪电

定位仪监测点与灾害发生点的距离误差约为 500~1 000 m^[13].2010 年 8 月 24 日 18:22 左右,当涂县自动气象站(118°31'5"E,31°34'N)遭受雷击,雷击损坏电脑、打印机、电话及路由器等设备.根据事故发生的地点,查询 18:21 到 18:23 之间的闪电监测资料,共得到 10 组数据,LD-II 和 ADTD 型闪电定位仪各监测到 5 组数据,分别编号为 1~5 号和 6~10 号,其详细信息如表 2 所示.

表 2 雷灾发生时的地闪特征
Table 2 Characteristics of lightning activities in thunder stroke

闪电定位系统型号	编号	北京时	地闪强度/kA	经度/(°E)	纬度/(°N)	到雷灾点距离/m
LD-II	1	18:21:04	-31.155	118.529 80	31.557 30	1 503
	2	18:21:04	-34.265	118.529 00	31.557 60	1 417
	3	18:22:26	-261.939	118.518 60	31.561 90	485
	4	18:23:01	-180.533	118.507 50	31.559 40	1 280
	5	18:23:01	-155.018	118.509 27	31.560 72	1 058
ADTD	6	18:21:04	-28.745	118.525 00	31.560 57	901
	7	18:22:27	-50.970	118.516 50	31.561 57	516
	8	18:23:01	-35.827	118.506 80	31.560 67	1 275
	9	18:23:01	-36.793	118.507 20	31.561 14	1 218
	10	18:23:37	-28.929	118.531 70	31.571 26	1 439

将 10 组数据按照经纬度进行标记,如图 7 所示.LD-II 型的 3 号数据和 ADTD 型的 7 号数据距离受灾点较近,分别为 485 和 516 m,地闪强度分别为 -261.939 和 -50.97 kA,在对雷电流参量的模拟中,一类防雷建筑物的首次负极性雷击的雷电流参量为 100 kA,首次负极性以后雷击的雷电流参量为 50 kA^[14],可见,LD-II 型 3 号数据的雷电流值远大于此.同时,结合设备损坏的严重性,ADTD 型闪电定位仪监测到的地闪电流值与当时情况更为符合.

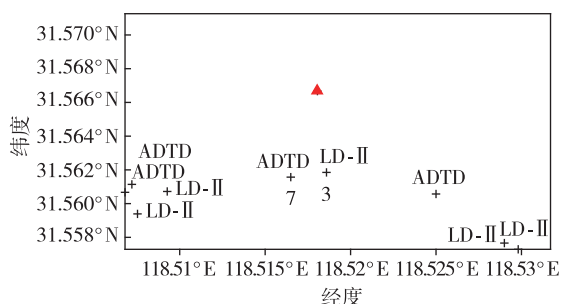


图 7 雷灾发生时的地闪分布
Fig. 7 Distribution of lightning activities in thunder stroke

4 小结

本文通过对 2010 年 3—9 月安徽省两种闪电监测资料的对比分析,得到以下结论:

- 1) 两套资料在地闪总数、地闪时间变化、地闪空间分布、雷电流极性和强度等方面都存在较大的差异;
- 2) 利用安徽地区雷暴日资料的统计结果^[3]、周边省份的雷电活动规律及雷灾资料对两套系统监测的数据进行校验,发现 ADTD 型闪电定位系统在地闪空间分布、雷电流极性和强度的探测方面准确度更高;
- 3) 安徽省地闪活动在 7、8、9 月最多,总地闪频次达到峰值的时间约在 15:00—16:00 之间,正地闪频次达到峰值的时间约在 16:00—17:00 之间.

参考文献 References

- [1] 张昊伟,舒跃强,李德军.闪电定位技术评述[J].气象水文海洋仪器,2010,27(3):100-103
ZHANG Haowei, SHU Yueqiang, LI Dejun. Review on lightning location technology[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2010, 27(3): 100-103
- [2] 冯桂力,陈文选,刘诗军,等.山东地区闪电的特征分

- 析[J].应用气象学报,2002,13(3):347-355
FENG Guili, CHEN Wenxuan, LIU Shijun, et al. Preliminary analysis of lightning characteristics in Shandong[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorological Science, 2002, 13(3): 347-355
- [3] 程向阳,谢五三,刘岩,等.安徽省近 50 年雷暴的时空变化特征及影响因素[J].长江流域资源与环境, 2012, 21(1): 117-121
CHENG Xiangyang, XIE Wusan, LIU Yan, et al. Spatial-temporal variation of thunderstorm and its influencing factors over Anhui province in recent 50 years[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(1): 117-121
- [4] DB34/T 1918—2013 安徽省农村住宅防雷技术规范[S]. 2013
DB34/T 1918—2013 Lightning protection technical specifications of Anhui rural residence[S]. 2013
- [5] 程丽丹,杨美荣,李鹏,等.河南省雷电活动时空分布特征[J].气象与环境科学,2013,36(1):50-53
CHENG Lidan, YANG Meirong, LI Peng, et al. Analysis of the spatial and temporal distribution characteristics of the lightning in Henan province[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2013, 36(1): 50-53
- [6] 冯民学,韦海容,焦圣明,等.南京市闪电定位资料的对比分析[J].南京气象学院学报,2008,31(2): 151-157
FENG Minxue, WEI Hairong, JIAO Shengming, et al. A comparative analysis of the lightning strike positioning data in Nanjing[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2008, 31(2): 151-157
- [7] 徐鸣一,王振会,樊荣,等.江苏省地闪密度及雷电流幅值分布[J].南京信息工程大学学报:自然科学版, 2010, 2(6): 557-561
XU Mingyi, WANG Zhenhui, FAN Rong, et al. Distribution of lightning density and lightning current amplitude in Jiangsu province[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition, 2010, 2(6): 557-561
- [8] 王学良,刘学春,黄小彦,等.湖北地区云地闪电时空分布特征分析[J].气象,2010,36(10):91-96
WANG Xueliang, LIU Xuechun, HUANG Xiaoyan, et al. Analysis of the spatial and temporal distribution characteristics of the cloud-ground lightning in Hubei area[J]. Meteorological Monthly, 2010, 36(10): 91-96
- [9] 潘娅英,王亚云,周良女,等.浙江省地闪活动特征分析[J].亚热带资源与环境学报,2010,5(3):82-88
PAN Yaying, WANG Yayun, ZHOU Liangnv, et al. Characteristics of earth flash activity in Zhejiang province[J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2010, 5(3): 82-88
- [10] 赵伟,童杭伟,张俊,等.浙江省雷电时空分布特征及影响因素分析[J].电网技术,2013,37(5):1425-1431
ZHAO Wei, TONG Hangwei, ZHANG Jun, et al. Temporal-spatial distribution characteristics of thunder and lightning in Zhejiang province and influencing factors[J]. Power System Technology, 2013, 37(5): 1425-1431
- [11] 顾宇丹,黄晓红,王强.上海市闪电定位系统升级前后闪电探测参数的变化[C]//第 28 届中国气象学会年会,2011
GU Yudan, HUANG Xiaohong, WANG Qiang. Changes of lightning parameters before and after the upgrade of lightning locating system in Shanghai[C]//The 28th Annual Meeting of Chinese Meteorological Society, 2011
- [12] 栾健,肖稳安,李家启,等.闪电定位资料的误差订正[C]//第九届长三角气象科技论坛论文集,2012
LUAN Jian, XIAO Wen'an, LI Jiaqi, et al. Error correction of lightning positional data[C]//The Ninth Session of Meteorological Science and Technology BBS in the Yangtze Basin, 2012
- [13] 黄克俭,涂山山,熊迎胜,等.闪电监测定位资料在湖北省雷灾调查与鉴定中的应用[J].暴雨灾害,2008, 27(1): 83-86
HUANG Kejian, TU Shanshan, XIONG Yingsheng, et al. Application of the lightning monitoring and positioning data to lightning disaster investigation and identification in Hubei province[J]. Torrential Rain and Disasters, 2008, 27(1): 83-86
- [14] 中国机械工业联合会.GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范[S].北京:中国计划出版社,2010
China Machinery Industry Federation. GB 50057—2010 Design code for protection of structures against lightning[S]. Beijing: China Planning Press, 2010

Comparative analysis of LD-II and ADTD lightning location data

LIU Yan¹ LI Zheng² CHENG Xiangyang¹ QIU Yangyang¹

1 Lightning Protection Center of Anhui Province, Hefei 230061

2 Lightning Protection Center of Jiangsu Province, Nanjing 210008

Abstract This paper intends to compare the accuracy of the LD-II and ADTD lightning location data. Based on the LD-II and ADTD lightning location data from March to September of 2010, lightning characteristics in Anhui province was analyzed. The result shows that there are many differences in monthly variation, daily variation, lightning density and intensity of lightning current between the two lightning location systems. LD-II has the longer observation time, while ADTD has a higher degree of accuracy in lightning density and intensity of lightning current. Compared with the data of lightning disaster, ADTD lightning location system is more accurate in lightning positioning.

Key words Anhui; lightning location system; cloud-to-ground flash; monitoring analysis